

7HL 4796



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITOTIAL

RELATÓRIO PERSPECTIVAS DO
MEIO AMBIENTE PARA O
BRASIL
GEO-BRASIL - 2002

USO DO SUBSOLO



MARÇO 2002

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME

Ministro de Estado

Francisco Luiz Sibut Gomide

SECRETARIA DE MINAS E METALURGIA – SMM

Secretário

Frederico Lopes Meira Barboza

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM

Diretor Presidente

Umberto Raimundo Costa

Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Thales de Queiroz Sampaio

Diretoria de Geologia e Recursos Minerais

Luiz Augusto Bizzi

Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Paulo Antonio Carneiro Dias

Diretoria de Administração e Finanças

Alfredo de Almeida Pinheiro Filho

CRÉDITOS

COORDENAÇÃO:

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Thales de Queiroz Sampaio

Cássio Roberto da Silva

EQUIPE DE ELABORAÇÃO:

Secretaria de Minas e Metalurgia – SMM/MME

José Eduardo Alves Martinez

Agência Nacional de Petróleo – ANP

José Oliveira

Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM

Maria Alzira Duarte

Diógenes de Almeida Campos

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM

Glória J.C. Sirotheau

Samir Nahass

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA

José Ximenes de Mesquita

Mylène Berbert - CECAV

Ricardo Marra - CECAV

Serviço Geológico do Brasil – CPRM

Amilcar Adamy

Antônio J. Dourado Rocha

Antônio S.J. Krebs

Antonio Theodorovicz

Fernanda G. da Cunha

Jaime Quintas dos S. Colares

Jorge Pimentel

Luiz de Gonzaga Oliveira e Silva

Paulo César Branco

Valter J. Marques



O homem não tece a teia da vida;
ele é apenas um fio.
Tudo que se faz à teia, ele faz a si mesmo.

Estas palavras foram escritas por Ted Perry, inspirado no chefe Seattle (USA) e nos faz refletir sobre a sobrevivência da humanidade, a qual dependerá do nosso comportamento em relação à utilização dos recursos naturais.

Temos que olhar o mundo como um sistema vivo, onde tudo ao nosso redor tem o seu papel e sua relativa importância nas complexas relações e conexões. Assim, faz-se necessário, se pretendemos deixar um mundo melhor para nossos descendentes, adotarmos os princípios básicos da ecologia: interdependência, reciclagem, parceria, flexibilidade, diversidade e, em decorrência, sustentabilidade.

Thales de Queiroz Sampaio
Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

APRESENTAÇÃO

O GEO-BRASIL é um *Relatório Nacional do Meio Ambiente*, elaborado pela primeira vez no Brasil, sob responsabilidade do IBAMA. Este documento faz parte do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, através do Projeto “*G.E.O. - GLOBAL ENVIRONMENT OUTLOOK*”, nominado “*Relatório Perspectivas do Meio Ambiente Mundial*”.

O Projeto G.E.O. é considerado pela ONU como o mais importante processo de avaliação da situação ambiental mundial, por ressaltar os principais problemas, causas, conseqüências, ações corretivas e preventivas, acordos multilaterais internacionais para controlá-los, políticas correntes e iniciativas destacadas de proteção ambiental, com descrição de cenários e tendências, numa abordagem regionalizada, incluindo todas as regiões do planeta.

O propósito fundamental de uma avaliação ambiental integrada, a ser consolidada no Relatório GEO-BRASIL, é influenciar na tomada de decisão por parte dos governantes. Para tanto, os assuntos e os dados socioambientais são analisados em um contexto abrangente, buscando ampliar a visão daqueles que são afetados. A participação em um processo dessa natureza resulta no aumento de consciência e garante que as ações adotadas sejam equilibradas e capazes de serem viabilizadas.

O GEO-BRASIL deverá ser referendado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA e apresentado pelo governo brasileiro na RIO MAIS 10 – “*Conferência de Cúpula sobre o Desenvolvimento Sustentável*”, convocado pela ONU, que acontecerá em Johannesburgo, na África do Sul, em agosto de 2002.

Para a elaboração do “*Relatório Perspectivas do Meio Ambiente para o Brasil*”- GEO-BRASIL, o IBAMA convidou a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA para desenvolver o capítulo sobre solos e subsolos. Por sua vez, essa empresa houve por bem sugerir que o item subsolos ficasse a cargo do Serviço Geológico do Brasil - CPRM. Várias instituições, a exemplo do INPE, IBGE, Secretaria de Recursos Hídricos do MMA, FIOCRUZ, universidades, ONGs entre outras, também foram convidadas para elaborar outros temas (florestas, biodiversidade, água, ambientes marinhos e costeiros, atmosfera, ambientes urbanos e industriais).

No presente relatório, foi utilizada a mesma estratégia do IBAMA, de participação e parceria das várias instituições ligadas ao assunto para execução do documento nacional. Assim, participaram representantes da Secretaria de Minas e Metalurgia - SMM/MME, Agência Nacional de Petróleo – ANP, Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Centro de Tecnologia Mineral – CETEM e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA / CECAV, sob coordenação do Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Este documento faz uma abordagem sobre os recursos e usos do subsolo, através do diagnóstico das pressões que vem sofrendo; da caracterização dos impactos ambientais decorrentes; da identificação das respostas e ações adotadas pela sociedade em face da degradação existente e pelas análises das tendências verificadas com vistas a perspectivas futuras.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. GEOLOGIA, RECURSOS MINERAIS E CARACTERIZAÇÃO GOTÉCNICA E HIDROGEOLOÓICA.....	1
2.1 Rochas do Arqueano ao Paleoproterozóico	3
2.2 Rochas do Meso ao Neoproterozóico	4
2.3 Rochas Fanerozóicas.....	4
3. ARCABOUÇO INSTITUCIONAL	5
4. CONTEXTO SOCIOECONÓMICO	5
5. DEGRADAÇÃO DO SUBSOLO.....	7
5.1 Impactos Ambientais da Atividade de Mineração	7
5.2 Impactos Ambientais do Garimpo	11
5.3 Impactos Ambientais no Recurso Hídrico Subterrâneo	12
5.4 Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Industrial e Doméstico	13
5.5 Derramamento e/ou Vazamento de Produtos Derivados do Petróleo.....	13
5.6 Disposição Final e/ou Vazamento de Produtos Radioativos	13
5.7 Impactos Ambientais da Atividade Industrial.....	14
6. RESPOSTAS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS QUANTO AO USO DO SUBSOLO	16
6.1 Evolução da relação subsolo X meio ambiente no período 1972 – 1992	16
6.2 Evolução da relação subsolo X meio ambiente no período 1992 – 2002	17
7. PERSPECTIVAS 2002 – 2032	21
8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	23

1 INTRODUÇÃO

O uso do subsolo brasileiro remonta às relações do homem com as cavernas na pré-história, utilizando-a como abrigo e moradia. Os registros arqueológicos, que no Brasil chegam com segurança há 12.000 anos (Prous, 1998) apontam para costumes domésticos, hábitos e culturais, que permitem, também, supor sobre as condições ambientais pretéritas.

A história do país tem íntima relação com a busca dos recursos naturais relacionados ao subsolo, que contribui com importantes insumos para a economia nacional: os recursos minerais, petróleo e gás e os recursos hídricos subterrâneos. Esses recursos são essenciais à manutenção da vida, cultura e bem estar da Humanidade. Também merecem destaque os patrimônios espeleológico, arqueológico e paleontológico, além dos monumentos naturais. Existe uma grande diversificação de problemas no uso do subsolo decorrentes da urbanização desordenada, atividades garimpeiras, mineração, passivo ambiental, agricultura, pecuária, falta de tecnologia, poluição dos recursos hídricos, uso não controlado de água subterrânea, necessidade de aperfeiçoamento da legislação, dentre outros.

2 GEOLOGIA, RECURSOS MINERAIS E CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA E HIDROGEOLÓGICA

De acordo com Delgado & Pedreira (1994), o subsolo brasileiro (Figura 1) é constituído por rochas de idades:

- a) Arqueano-Paleoproterozóico (*greenstone belts*, cinturões meta-vulcano-sedimentares e cinturões móveis de alto grau), de idade anterior a 1,8 bilhões de anos;
- b) Meso a Neoproterozóico (coberturas mesoproterozóicas, coberturas neoproterozóicas, sistemas de riftes e cinturões móveis), de 1,8 bilhões - 570 milhões de anos;
- c) Fanerozóico (bacias eopaleozóicas, bacias paleomesozóicas/terciárias e coberturas cenozóicas), de 570 milhões de anos até hoje.

Segundo os referidos autores, merece destaque a presença de depósitos e/ou a potencialidade dos minerais nas seguintes unidades geológicas (Figura 2):

- 1) *Greenstone belts*: Ouro;
- 2) Cinturões Metavulcano-sedimentares: Cromo, Ferro, Manganês, Cobre, Bário, Ouro e Esmeralda;
- 3) Cinturões Móveis de Alto Grau – Cromo, Titânio-Vanádio, Níquel-Cobalto, Ouro-Urânio, Ferro, Manganês, Cobre, Chumbo e Fósforo;
- 4) Coberturas Mesoproterozóicas e Plutonismo Associado: Estano-Wolfrâmio-Molibdênio-Tântalo-Nióbio-Zircônio-Urânio-Terras-Raras, Ouro, Ferro-Titânio-Vanádio e Diamante;
- 5) Cobertura Neoproterozóica: Fósforo, Chumbo-Zinco-Prata, Flúor e Bário.
- 6) Sistema de Riftes: Cobre-Prata, magnesita e calcário.

- 7) Cinturões Móveis: Chumbo-Zinco-Prata-Ouro, Bário, Flúor e Fósforo;
- 8) Bacias Eopaleozóicas: Cobre, Ouro, Bário, Chumbo, Zinco e Prata;
- 9) Bacias Paleomesozóicas: sais de potássio, Magnésio, Sódio, Gipsita, Barita, Fosfato, Calcário, Argila, Petróleo e Gás;
- 10) Bacias e Magmatismo Meso-Cenozóico: Nióbio, Fosforo, Titânio, Zircônio, Bário, Urânio, petróleo e gás;
- 11) Coberturas Cenozóicas: Alumínio, Níquel, Manganês, Ferro, Ouro e Caulim.

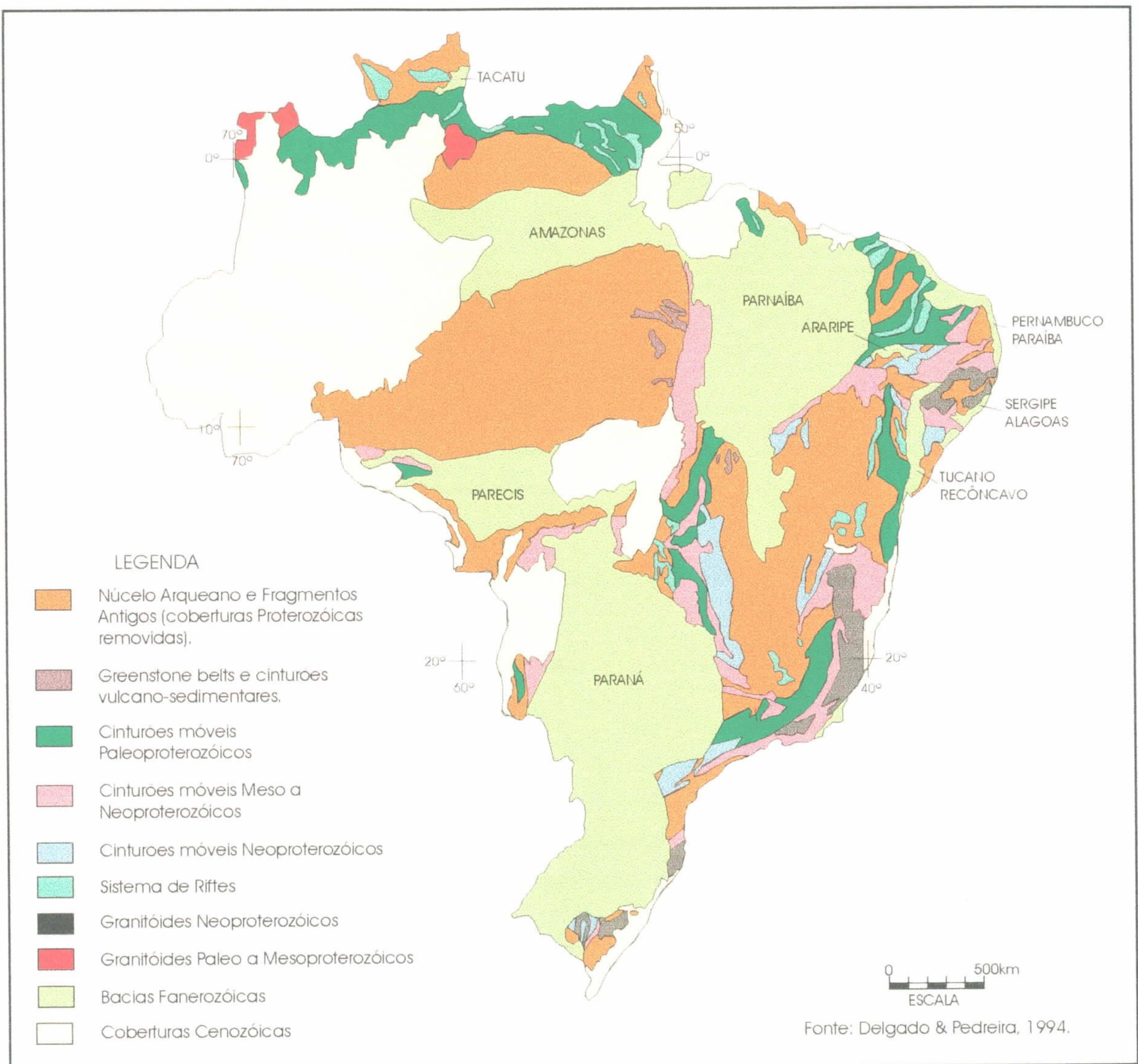


Figura 1 – Esboço das principais feições geotectônicas do Brasil.

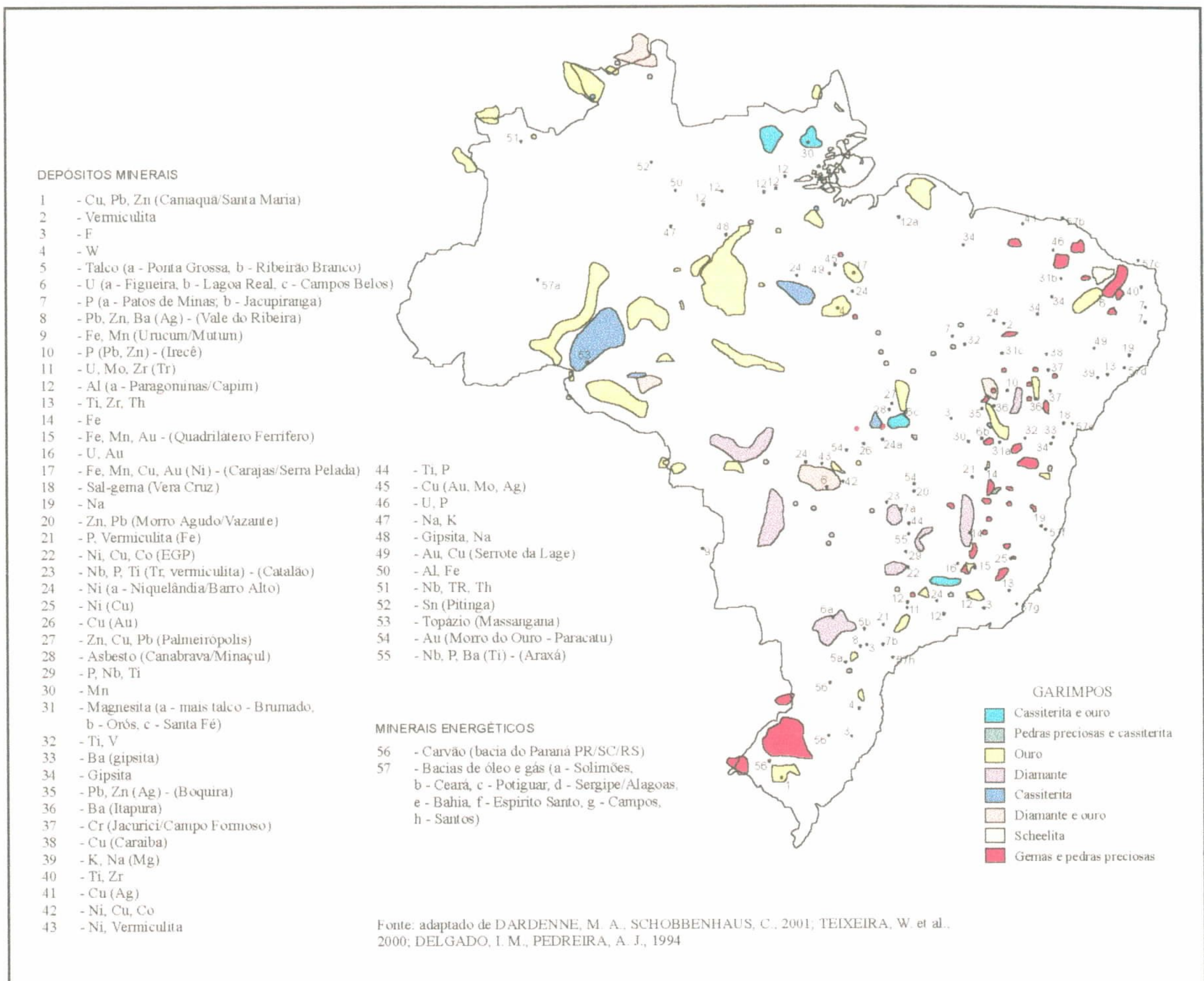


Figura 2 – Principais depósitos minerais do Brasil.

2.1 Rochas do Arqueano ao Paleoproterozóico

a) Caracterização Geotécnica

Pelo fato de serem rochas composicionalmente heterogêneas, fraturadas e portadoras de alta densidade de planos de fraqueza estrutural, se alteram para solos que variam de argilosos até arenosos. Quando pouco desenvolvidos esses solos apresentam alta erodibilidade natural, a exemplo das rochas cristalinas que ocorrem no semi-árido da Região Nordeste do Brasil. Estes terrenos quando espessos apresentam comportamento geomecânico extremamente variado e contrastante, com variações laterais e verticais.

b) Caracterização Hidrogeológica

Essas rochas constituem aquíferos fissurais, cuja capacidade de armazenamento depende da geometria e do regime hidrológico local. Esses aquíferos apresentam alta vulnerabilidade às cargas contaminantes de superfície. A sua capacidade de exploração depende, fundamentalmente, da eficiência de suas áreas de recarga, bem como da

interconectividade das fraturas. Apresentam menor potencial em relação aos aquíferos sedimentares, assim como, maior dificuldade para locação de poços artesianos produtivos.

2.2 Rochas do Meso ao Neoproterozóico

a) Caracterização Geotécnica

As características geotécnicas dessas rochas são variáveis. As rochas carbonáticas, por exemplo, por serem altamente solúveis, apresentam alto potencial para ocorrências de colapsos - abatimentos bruscos na superfície, em razão de desmoronamentos subterrâneos.

As rochas metassedimentares apresentam o bandamento composicional pouco espaçado e a xistosidade desenvolvida. Essas características favorecem a formação de planos de fraqueza que facilitam percolação de fluidos, bem como movimentos de massas (deslizamentos).

b) Caracterização Hidrogeológica

Nesse domínio merecem destaque as áreas de ocorrência de rochas carbonáticas, que constituem aquíferos, localmente importantes, embora possuam extrema vulnerabilidade à contaminação.

As rochas vulcano-sedimentares abrigam aquíferos, predominantemente do tipo fissural por causa da baixa porosidade e da permeabilidade. As rochas sedimentares constituem aquíferos porosos, em geral do tipo confinado, e quando cimentadas ou metamorfizadas apresentam comportamento fissural.

2.3 Rochas Fanerozóicas

a) Caracterização Geotécnica

São caracterizadas por grandes pacotes de arenitos, siltitos, argilitos e folhelhos, apresentando comportamento geotécnico bastante variável. Nesse contexto, principalmente na Bacia do Paraná, ocorrem espessos derrames de rochas basálticas que, quando alteradas resultam em solos que contêm argilas expansivas. As rochas areníticas, por serem porosas e permeáveis, apresentam alta vulnerabilidade natural a contaminação; por outro lado, boa capacidade de suporte e fácil escavabilidade. As rochas argilosas apresentam baixa capacidade de suporte.

b) Caracterização Hidrogeológica

No subsolo das bacias sedimentares estão associados os melhores aquíferos confinados e livres do Brasil, com destaque para os aquíferos Guarani, Parnaíba e Amazonas. A maior parte desses aquíferos está confinada e protegida de contaminação, pelo espesso pacote de sedimentos impermeáveis intercalados e rochas basálticas associadas. Nas bordas das bacias (zonas de recarga), onde os sedimentos porosos afloram, os aquíferos estão sujeitos à contaminação.

Os sedimentos cenozóicos constituem os principais aquíferos costeiros, sendo responsáveis pela maior parte do abastecimento doméstico e industrial das cidades de Maceió, Natal, Recife, João Pessoa e Fortaleza, localizadas no nordeste brasileiro. Na região do semi-árido brasileiro o abastecimento das comunidades e de diversas cidades é feito por água das aluviões.

3 ARCABOUÇO INSTITUCIONAL

No Governo os órgãos que têm a responsabilidade de exercer atribuições de políticas públicas, definir diretrizes e atuar na concessão, fiscalização e cumprimento da legislação quanto ao direito do uso dos recursos naturais do subsolo, são os seguintes:

Ministério de Minas e Energia – MME: responsável por formular e coordenar as políticas dos setores elétrico, de petróleo/gás e minero-metalúrgico, assim como acompanhar e supervisionar sua execução;

Secretaria de Minas e Metalurgia – SMM/MME: responsável por formular e coordenar a implementação das políticas do setor minero-metalúrgico, bem como acompanhar e supervisionar a sua execução;

Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM: responsável pelo planejamento e fomento da exploração e do aproveitamento dos recursos minerais, preservação e estudo do patrimônio paleontológico, cabendo-lhe também supervisionar as pesquisas geológicas, minerais e de tecnologia mineral, bem como assegurar, controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, na forma do que dispõe o Código de Mineração e o Código de Águas Minerais;

Serviço Geológico do Brasil – CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais): responsável por gerar e difundir conhecimento geológico e hidrológico básico, além de disponibilizar informações e conhecimento sobre o meio físico para a gestão territorial;

Agência Nacional de Petróleo – ANP: regulamenta e fiscaliza os setores de petróleo e gás.

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM: encarregado de promover o desenvolvimento tecnológico (vinculado ao Ministério da Ciência e Tecnologia);

Centro de Estudos de Cavernas - CECAV (IBAMA): responsável pelo patrimônio espeleológico.

4 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

Os diversos modelos de política econômica adotados no Brasil, desde a década de 70, proporcionaram o aumento dos núcleos urbanos, motivado pelo crescimento do parque industrial. Dentro desse contexto a pressão por exploração de bens minerais experimentou um avanço exponencial, tanto de recursos para emprego na indústria, como de materiais para construção civil. Outro fator de pressão, na apropriação de bens do subsolo, reside no elevado índice de desemprego da população brasileira, que proporcionou uma verdadeira corrida para a garimpagem, principalmente para o ouro e gemas. Nesse cenário político e socioeconômico,

a sociedade, em muitos casos, vem explorando os recursos naturais (renováveis e não renováveis) sem considerar as suas fragilidades, o que acarreta o comprometimento do meio ambiente, por vezes impactando de forma irreversível.

O subsolo brasileiro possui importantes recursos naturais, como os minerais, incluindo petróleo, carvão e gás, além da água, os quais contribuem para o desenvolvimento socioeconômico do país.

Parte desses recursos compõem as reservas minerais, consideradas expressivas quando relacionadas mundialmente, devendo ser citados os de origem metálica, como ferro, alumínio, cobre, chumbo, estanho, lítio, manganês nióbio, níquel, ouro, titânio, tungstênio, zinco, zircônio e os de formação não-metálica, como: amianto, bentonita, calcário, caulim, diatomita, enxofre, fluorita, gipsita, granitos ornamentais, magnesita, mica potássio, quartzo, rocha fosfática, sal-gema talco, turfa; e como energéticos petróleo, gás, carvão, xisto betuminoso e urânio.

Tal patrimônio mineral tem contribuído para a manutenção e expansão do parque industrial do país, considerando-se não só a indústria extrativa mineral como também as indústrias siderúrgicas, metalúrgicas, fertilizantes, cerâmicas, de cimento e outras em que o insumo mineral é matéria-prima básica na elaboração de bens e produtos para a sociedade.

Com base nesse patrimônio mineral o Brasil produz cerca de setenta substâncias, sendo vinte e uma do grupo de minerais metálicos, quarenta e cinco dos não-metálicos e quatro dos energéticos. Em termos de participação no mercado mundial em 2000, ressalta-se a posição do nióbio (92%), minério de ferro (20%, segundo maior produtor mundial), tantalita (22%), manganês (19%), alumínio e amianto (11%), grafita (19%), magnesita (9%), caulim (8%) e, ainda, rochas ornamentais, talco e vermiculita, com cerca de 5% (Barreto, 2001).

O perfil do setor mineral brasileiro é composto por 70% de pequenas minas, 25% de minas médias e 5% de minas grandes. Segundo Minérios & Minerales, 1999 (*apud* Barreto, 2001), os dados obtidos nas concessões de lavra demonstram que as minas no Brasil estão distribuídas regionalmente com 4% no norte, 8% no centro-oeste, 13% no nordeste, 21% no sul e 54% no sudeste. Estima-se que em 1992 existiam em torno de 16.528 pequenas empresas, com produção mineral de US\$ 1,98 bilhões, em geral atuando em regiões metropolitanas na extração de material para construção civil. Entretanto, o cálculo do número de empreendimentos de pequeno porte é uma empreitada complexa devido à ilegalidade, dificuldade de controle e fiscalização, e por fatores aleatórios, como a paralisação das atividades, que podem distorcer as estatísticas. A mineração no Brasil contribuiu em 1995 com 75,3 mil empregos diretos e 3,2 milhões de empregos indiretos. Observa-se que nos últimos 20 anos ocorreu perda de empregabilidade do setor com a migração para a área de serviços (Barreto, 2001).

No início da década de 90, segundo BRASIL, 1993 (*apud* Barreto, 2001), a população garimpeira no país era de 400.000, distribuídos em 61% na Amazônia (Pará e Mato Grosso), 20% no Centro-Oeste, 8% no sudeste, 7% no Nordeste e 4% no Sul. A maioria dedicando-se à produção de ouro 72%, gemas 11%, diamante 10%, cassiterita 1% e 6% outros minerais.

A indústria extrativa mineral tem apresentado nos últimos anos significativa taxa de crescimento, com média de 8,2 % ao ano, observada o período de 1996–2000 (Barreto, 2001) e o setor de extração de petróleo 28,3% ao ano no período de 1997 a 2000 (Machado, 2002).

Segundo Barreto (2001), o produto originário da indústria extrativa mineral alcançou em 2000 o valor de US\$ 3 bilhões. Esse produto depois de processado pela siderurgia, metalurgia, indústrias do cimento, indústria de cerâmica, de fertilizantes e outras, alcança o valor de US\$ 43 bilhões, equivalente a 8,5% do PIB.

Machado (2002) relata que em 2000 a extração de petróleo, sem os impostos, alcançou a soma de R\$ 19,6 bilhões. Quando considerado todo setor petróleo e gás (extração, refino e distribuição de petróleo; extração, produção e distribuição de gás) a quantia atinge R\$ 52,6 bilhões, representando 5,4% do PIB brasileiro. Assim, conclui-se que todo o setor mineral, petróleo e gás contribui com a significativa percentagem de 13,9% do PIB do Brasil.

5 DEGRADAÇÃO DO SUBSOLO

A degradação do subsolo, intensificada nas décadas intermediárias do século XX ocorreu principalmente pelas atividades de mineração, urbanização em locais inadequados, atividades econômicas em áreas de recarga de aquíferos subterrâneos e explorações irregulares em regiões com patrimônios paleontológico, espeleológico e arqueológico.

Segundo Brooks (1976) e Machado (1989, *apud* Souza, 2001), os principais problemas oriundos da mineração podem ser englobados em cinco categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno, incêndios causados pelo carvão e rejeitos radioativos.

Diversas ações antrópicas também são responsáveis por problemas de ordem geotécnica (subsidência, deslizamentos e erosão acelerada), que resultam na degradação do solo e do subsolo. No caso da região costeira, principalmente nas regiões leste e nordeste do Brasil, existem problemas relacionados à erosão da linha de costa. Em regiões montanhosas urbanizadas, caso de São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória, Belo Horizonte e Salvador, é comum a ocorrência de deslizamentos gerando perdas humanas, materiais e financeiras. Segundo Silva *et al.* (2000) no Estado do Rio de Janeiro, durante o período de 1938-1999, foram cadastrados 1.087 eventos de escorregamentos, os quais provocaram 546 vítimas fatais, além das perdas materiais.

As atividades mineiras desenvolvidas a céu aberto, se não obedecem a um plano de lavra adequado, com um projeto de recuperação ambiental, propiciam a ação dos processos erosivos. Geralmente, as aberturas efetuados para decapeamento e/ou retirada da camada a ser minerada geram grandes estragos na superfície do terreno.

A mineração em áreas urbanas e periurbanas é outro fator responsável pela degradação do subsolo. Atualmente, junto às grandes metrópoles brasileiras, é comum a existência de enormes áreas degradadas, resultante das atividades de extração de argila, areia, saibro e brita.

Existem problemas de subsidências (colapso), relacionados a cavidades subterrâneas naturais em zonas cársticas e a cavidades artificiais em áreas de mineração subterrânea, a exemplo do que acontece na região carbonífera do sul do país. A exploração não planejada em áreas carbonáticas induz ao rebaixamento excessivo do lençol freático com alteração no regime hidrológico.

5.1 Impactos Ambientais da Atividade de Mineração

Os principais impactos ambientais da produção mineral, durante os estágios de pesquisa, lavra, beneficiamento, estocagem e transporte estão descritos na Tabela 1 (Souza, 2001).

Carvão

Na região carbonífera de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul (Figura 3 - áreas 1, 4 e 5), a poluição hídrica causada pela drenagem ácida é provavelmente o impacto mais significativo das operações de mineração e beneficiamento do carvão mineral. Essa poluição decorre da infiltração da água de chuva sobre dos rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento, que alcançam os corpos hídricos superficiais e/ou subterrâneos. Essas águas adquirem baixos valores de pH (< 3), altos valores de ferro total, sulfato total e vários outros elementos tóxicos que impedem a sua utilização para qualquer uso e destroem a flora e a fauna aquática (Alexandre & Krebs, 1995).

Também há potencial de contaminação do solo e subsolo em áreas não cobertas por material estéril o (não aproveitável na mineração) e por depósitos de rejeitos(que pode ser reaprovietado). Isso ocorre através da inundação de regiões não contaminadas com águas de drenagens ácidas e pelo avanço da pluma de poluição, a partir das áreas já poluídas.

Três bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina são consideradas impactadas pela atividade mineradora de carvão: rio Araranguá, rio Tubarão e rio Urussanga. O volume total de rejeito e estéril depositados nas áreas destas três bacias hidrográficas perfaz mais de 370 milhões de m^3 (rio Araranguá, 223 milhões de m^3 ; rio Tubarão, 91 milhões de m^3 ; rio Urussanga, 58 milhões de m^3). A área comprometida corresponde a 4,7 mil ha (rio Araranguá, 2,9 mil ha, rio Tubarão, 1,2 mil ha e rio Urussanga, 600 ha) (JICA, 1997).

Mineração de Ouro

Na província aurífera do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, (Figura 3, área 40), a presença do elemento tóxico arsênio merece destaque no que se refere aos efeitos da mineração no meio ambiente. Em Nova Lima e Passagem de Mariana, funcionaram, por várias décadas, fábricas de óxido de arsênio, aproveitado como subproduto do minério. Os rejeitos de minério ricos em arsênio foram estocados às margens de riachos ou lançados diretamente nas drenagens, provocando grande comprometimento ambiental do solo e água. Matschullat (2000) descreve que análises de urina de crianças, coletadas em escolas de Nova Lima e Brumal, apresentaram concentrações de arsênio total superiores ao valor considerado como crítico para a saúde.

Impactos das Minas de Chumbo, Zinco e Prata

As minas de chumbo, zinco e prata do Vale da Ribeira (Figura 3 - área 42) estiveram ativas durante longo período do século XX, especialmente nas décadas de 70 e 80. Os materiais resultantes dos processos de metalurgia e refino do minério de chumbo foram estocados nas margens do rio Ribeira. As últimas minas e a refinaria encerraram suas atividades em novembro de 1995. Cunha *et al.* (2000) realizaram estudos na população infantil, nos municípios de Adrianópolis e Cerro Azul no Paraná e, Ribeira e Iporanga em São Paulo, envolvendo análises de chumbo total em sangue e arsênio em urina. As concentrações de chumbo no sangue foram superiores aos limites aceitos pelo Centers for Disease Control - CDC (1991).

Tabela 1 - Impactos Ambientais da Produção Mineral

ATIVIDADES	PROBLEMAS	EFEITOS
SERES HUMANOS		
Pesquisa mineral		
Lavra	Subterrânea: umidade, poeira, ruído, gases de exaustão de máquina e equipamentos.	Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória, especialmente para asbesto, fluorita e outros. Stress e outros problemas físicos.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, ruído. Não-ferrosos: gases nocivos, problema com manuseio de alguns reagentes tóxicos. Amianto: poeira, fibra.	Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória e cancerígenas, especialmente para asbesto e outros minerais beneficiados a seco.
Transporte	Ruído, poeira, gases de exaustão de veículos pesados, poeira de correia transportadora.	Para o consumidor: veículos pesados causam irritação e são perigosos em áreas povoadas (Ex.: agregados e materiais de construção)
SOLO		
Pesquisa mineral	Trincheiras, sondagens, vias de acesso, picadas, equipamento abandonado.	Erosão, voçorocas. Prejuízo à vegetação. Alteração da drenagem natural.
Lavra	Cavas e pedreiras, subsidência. Desmatamento desnecessário do capeamento. Contaminação da água da mina. Estradas e vias de acesso. Pilhas de estéril. Impacto de vilas mal projetadas.	Possibilidades limitadas de uso seqüencial do solo. Afeta a estética da paisagem.
Beneficiamento e estocagem	Barragens e bacias de rejeito, contaminação devido a vazamento e transbordamento. Pilhas disformes (Ex.: enxofre). Depósitos de rejeito. Lama vermelha (produção de alumina).	Terras inúteis criadas pelas áreas de rejeitos finos. Contaminação por lixiviação e enxurradas em depósitos de finos e de rejeitos.
Transporte	Estradas largas para veículos pesados (áreas de material de empréstimo associadas). Poeira. Desmatamento desnecessário. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários.	Abre áreas virgens a uma possível degradação. Tráfego pesado pode destruir rodovias.
ÁGUA		
Pesquisa mineral	Sólidos em suspensão (erosão). Salmoura de sondagem passando para aquíferos (pesquisa de evaporitos).	Contaminação de cursos de água subterrânea.
Lavra	Sólidos em suspensão de água da mina, metais pesados, pH de minas de metálicos. Alteração do lençol freático, degradação da qualidade da água.	Prejudicial à vida aquática.
Beneficiamento e estocagem	Sólidos em suspensão, metais pesados, pH, toxidez de descarga direta e transbordamento de sistemas de finos. Grande consumo de água.	Prejudicial à vida aquática. Produz desequilíbrio ecológico.
Transporte	Transporte fluvial, lacustre e marítimo: coloração devida a sólidos em suspensão (minério de ferro) em terminais de embarque. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários. Problemas possíveis com min erodutos.	Possível prejuízo à vida aquática.
AR		
Pesquisa mineral		
Lavra	Poeira levada pelo vento. Gases de motores de combustão. Poeira de detonação e perfuração. Poeira e fibras de asbesto.	Pouco importante.
Beneficiamento e estocagem	Poeira, partículas aéreas (fibras de asbesto), gases, odores, evaporação de bacias de finos. SO ₂ do processo de secagem (pelotização de minério de ferro). Secagem de concentrado (SO ₂ , metais pesados). Geração de energia térmica (hidrocarbonetos, SO ₂ , NO ₃).	Possíveis efeitos respiratórios. Chuva atuando sobre partículas afeta vegetação e solo. Elevação de custos devido à corrosão. Próximo à áreas urbanas, efeitos sobre a saúde decorrentes da inalação de fibras de asbesto.
Transporte	Partículas aéreas provenientes de material sendo transportado e da superfície da estrada.	Pouco importante.

Fonte: Souza, 2001 (adaptada de Brooks, 1976 e Machado, 1989).

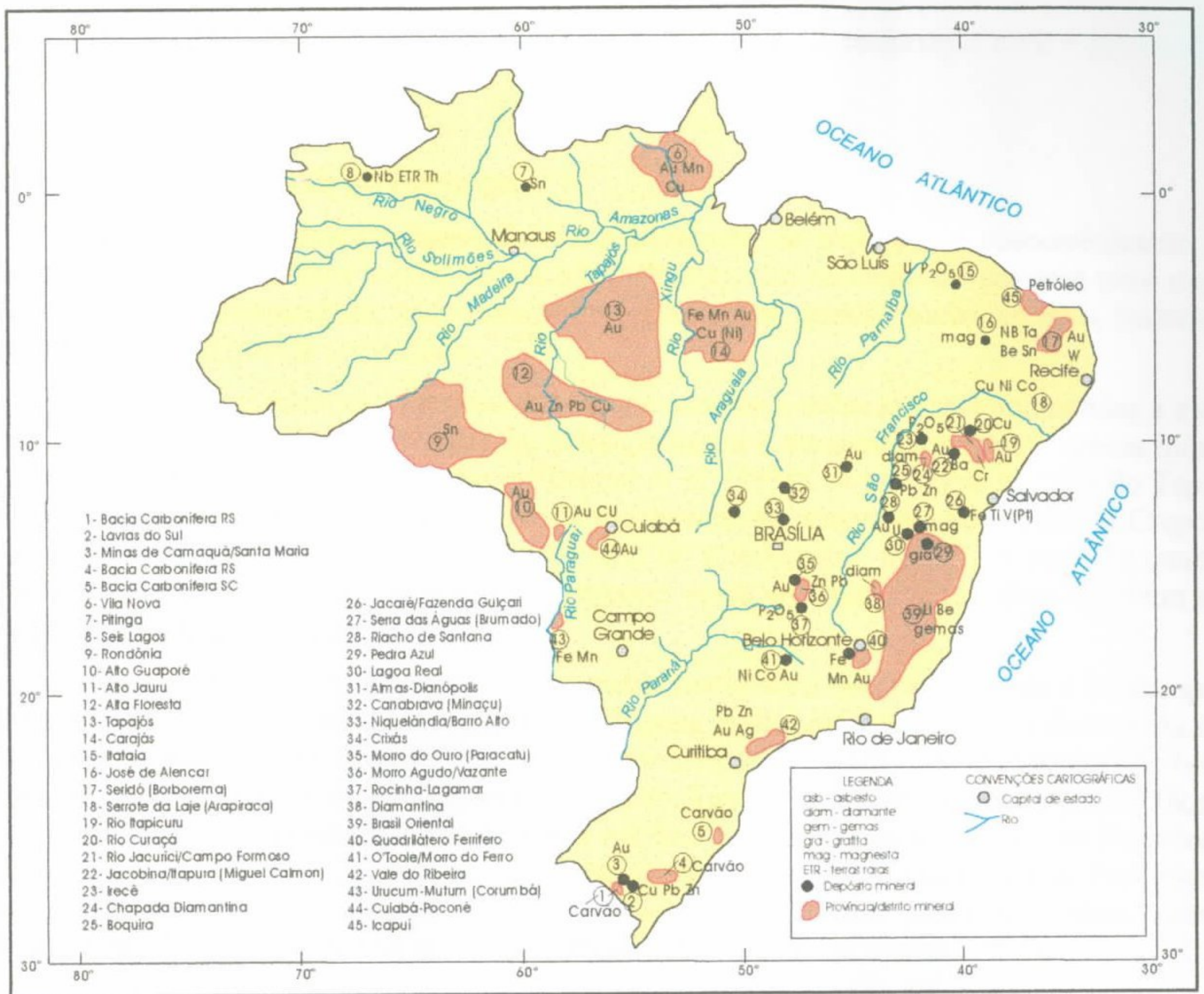


Figura 3 – Principais províncias minerais susceptíveis à degradação (parcialmente baseado em Dardenne & Schobbenhaus, 2001).

A presença de uma metalurgia de chumbo, no período de 1960 a 1993, nas margens do rio Subaé, no município de Santo Amaro da Purificação, Bahia, contaminou e vem contaminando, através da deposição aleatória de 490.000 toneladas de rejeitos/escórias, por metais pesados sobretudo chumbo e cádmio: manguezais e pescadores do estuário do rio Subaé, animais, vegetais, solos e crianças em um raio de 900 metros da chaminé da metalurgia, bem como, parte da população da cidade de Santo Amaro, por utilizar os rejeitos/escórias para pavimentar ruas, aterros, jardins, pátios de casas, praças e áreas escolares (Anjos, 1998).

Agregados para Construção Civil

Os bens minerais (areia, argila e brita) de emprego direto na construção civil, por sua importância para os setores de habitação, saneamento e transportes, são considerados como bens minerais de uso social.

A produção desses minerais, por fatores mercadológicos, impõe sua atuação próximo dos centros consumidores, caracterizando-se como uma atividade típica das regiões metropolitanas e urbanas.

O índice de clandestinidade dessa atividade é significativo e preocupante. Os impactos ambientais provocados são grandes e descontrolados, degradando ambientes de delicado equilíbrio ecológico (dunas e manguezais), alterando canais naturais de rios e os aspectos pai-

sagísticos. No geral as cavas são utilizadas como bota-fora da construção civil e até mesmo como lixões (BRASIL, 1998).

5.2 Impactos Ambientais do Garimpo

O garimpo, pela informalidade das suas atividades de produção e comercialização, à margem dos compromissos legais, fiscais e trabalhistas, tem recebido do governo uma atenção e tratamento diferenciado, visto mais sob a ótica de uma questão social, distinto, portanto, da mineração legalmente organizada.

A garimpagem provoca impactos ambientais comuns a todas as áreas submetidas a esse tipo de extração rudimentar e predatória, principalmente a contaminação dos recursos hídricos. Como exemplo cita-se o trabalho de Telmer *et al.* (1999) na província aurífera do Tapajós, Pará (figura 3, área 13), onde a carga de sedimentos em suspensão na foz do rio Crepori (extensas cavas nos afluentes, margens e no leito do referido rio), transporta cerca de quatro toneladas de mercúrio. A pluma poluidora percorre ainda uma distância mínima de 30km ao longo do rio Tapajós (Figura 4).

No Brasil existem diversas áreas, localizadas nos estados de Minas Gerais e Bahia, que historicamente possuem atividades garimpeira (Figura 3). Recentemente, com a descoberta de novos jazimentos de ouro e cassiterita, ocorreu um incremento dessas atividades nos rios Madeira, Rondônia (ouro no rio e cassiterita na área 9), Tapajós- Parauari- Cumaru (150.000km² - área 13), Pitinga, Amazonas (área 7) e nas regiões de Alta Floresta, Peixoto de Azevedo, Mato Grosso (área 12) e Cuiabá-Poconé, Mato Grosso (área 44), e Serra Pelada, Pará (área 14), Xingu-Araguaia (Tocantins), Gurupi (Maranhão), Tepequém (Roraima), Mara Rosa-Crixás-Pilar (Goiás), Caciporé-Lourenço (Amapá) (Barboza & Gurmendi, 1995).

Os principais impactos ambientais decorrentes dessa atividade estão relacionados a seguir: a) desmatamentos e queimadas; b) alteração nos aspectos qualitativos e no regime hidrológico dos cursos de água; c) queima de mercúrio metálico ao ar livre; d) desencadeamento dos processos erosivos; e) turbidez das águas; f) mortalidade da ictiofauna; g) fuga de animais silvestres; h) poluição química provocada pelo mercúrio metálico na biosfera e na atmosfera (IPT, 1992).

A garimpagem em reservas indígenas continua presente em alguns estados da região amazônica como Rondônia (Bacia do rio Roosevelt), Amapá, Amazonas e Roraima, onde é realizada por garimpeiros e empresários com anuência da comunidade indígena e pelas próprias comunidades em alguns casos (segundo jornais locais).

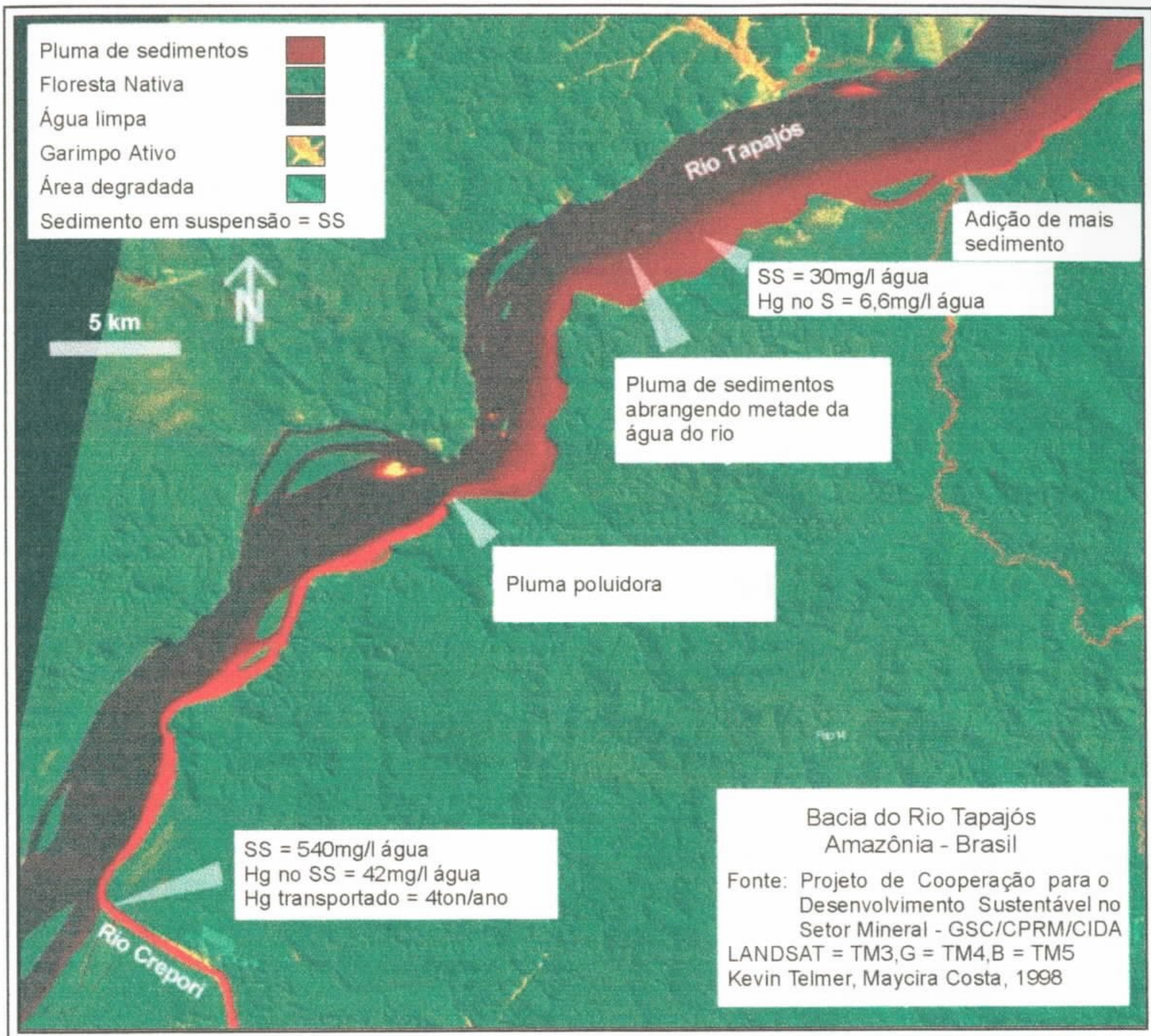


Figura 4 – Impacto da garimpagem de ouro no rio Tapajós.

5.3 Impactos Ambientais no Recurso Hídrico Subterrâneo

Avanço da cunha salina

A expressão cunha salina refere-se ao avanço da água do mar em subsuperfície sobre a água doce, devido a sobreexploração dessa água, através de poços artesianos no continente.

As grandes cidades brasileiras situadas na faixa costeira utilizam recursos hídricos subterrâneos para complementação do abastecimento humano, industrial e agrícola. Como nas cidades de Fortaleza (Cavalcante, 1986), Recife (França *et al.*, 1988), São Luís, Florianópolis e Maceió. Quando ocorre a sobreexploração do aquífero costeiro, o bombeamento contínuo reduz a pressão da água doce e, conseqüentemente sua descarga para o mar (Cabral, 2000). Este procedimento ocasiona o avanço da cunha salina que, com o passar do tempo, salinizará o aquífero.

Sobreexploração de aquíferos

Como não há legislação específica que discipline o uso das águas subterrâneas e coíba a abertura de novos poços, essa franquia de ordem legal tem contribuído para problemas de sobreexploração. Em várias situações, a exemplo dos aquíferos Açú (Feitosa, 1996), Beberibe

(Região Metropolitana de Recife – França & Capucci, 1978) e Guarani, está havendo uma gradativa diminuição na vazão dos poços em atividade e, em alguns casos mais graves, a sobreexploração está conduzindo à exaustão do aquífero.

Outro fator que está provocando o comprometimento da qualidade e disponibilidade hídrica dos aquíferos reside na ocupação inadequada de suas áreas de recarga (Cavalcante & Sabadia, 1992).

Nas áreas com grande concentração de indústrias ou densamente ocupadas sem saneamento básico, ocorre instalação de poços tubulares, inicialmente com água de boa qualidade e que começam a apresentar problemas de contaminação. As cargas contaminantes atingem o aquífero através de poços mal construídos ou abandonados, que servem de conduto para as cargas poluentes. O prolongado bombeamento de poços é capaz de deslocar a pluma de poluição para locais do aquífero que ainda não estavam contaminados (Melo, *et al.* 1996).

5.4 Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos Industrial e Doméstico

O lixo enterrado gera um líquido denominado chorume, que possui alto potencial de poluição para o solo, subsolo e para os recursos hídricos (IPT, 2000; Krebs *et al.*, 1999).

O lançamento de efluentes industriais e domésticos nos cursos de água sem o tratamento prévio resulta na formação de fontes de poluição difusa, que contaminam os recursos hídricos em extensas áreas (Foster & Hirata, 1993).

No caso de resíduos industriais, as ações dos órgãos fiscalizadores normalmente apresentam resultados satisfatórios em termos de redução da poluição por efluentes líquidos, seja em função das ações preventivas ou corretivas previstas no licenciamento ambiental ou através do atendimento a denúncias e reclamações da população prejudicada por determinada atividade.

Entretanto, o mesmo não acontece em relação aos resíduos domésticos, onde, muitas vezes a falta de investimento do setor público em sistemas de tratamento faz com que os despejos de esgotos cheguem aos cursos de água sem tratamento.

5.5 Derramamento e/ou Vazamento de Produtos Derivados do Petróleo

Atualmente é cada vez mais freqüente a ocorrência de acidentes envolvendo derramamento de petróleo ou de seus produtos derivados (Manoel Filho, 2000).

Nas grandes cidades existem inúmeros postos de combustível que possuem tanques de aço enterrados, armazenando derivados de hidrocarbonetos. São comuns os problemas de vazamentos de combustíveis através de tanques velhos. Na maior parte das vezes esses acidentes demoram a ser identificados, o que resulta na contaminação do lençol freático (Cavalcante & Sabadia, 1992).

No Brasil existem vários oleodutos e gasodutos que conduzem derivados do petróleo. Esses dutos requerem obras de engenharia complexas para transporem rios ou para que sejam enterrados em área de riscos geológicos e ou geotécnicos. Além disso, são comuns os acidentes envolvendo navios petroleiros com limpeza dos tanques ou vazamentos na plataforma brasileira, comprometendo a faixa costeira.

5.6 Disposição Final e/ou Vazamento de Produtos Radioativos

Na produção de combustíveis nucleares são envolvidos vários estágios, nos quais são gerados resíduos radioativos. Esses estágios incluem mineração, trituração, refinamento e

enriquecimento de urânio, fabricação de combustível, consumo de combustível em reatores, reprocessamento de combustível, solidificação de resíduos e armazenagem de resíduos em repositórios geológicos profundos (Manoel Filho, 2000 *apud* Feitosa & Manoel, 2000).

Os serviços de saúde também constituem importantes fontes de geração de resíduos radioativos. Em vários desses estabelecimentos são realizados despejos biológicos que contêm elementos radioativos e, por vezes, o descarte de equipamentos radioativos. Como exemplo de acidente com material radioativo, um dos casos mais conhecidos no Brasil foi aquele ocorrido em setembro de 1987 em Goiânia, quando um aparelho de radioterapia contendo uma cápsula de césio 137, encontrado em um depósito de lixo, foi rompido. Como consequência disso, morreram 4 pessoas, 55 foram contaminadas com altas doses de radiação, 51 foram contaminadas com doses médias e 600 foram contaminadas com doses baixas, necessitando, no entanto serem monitoradas por um longo período de tempo. Além disso, esse acidente, gerou 6.000 toneladas de lixo radioativo. (www.fisica.net/denis/rad4.htm).

5.7 Impactos da Atividade Industrial

Segundo Krebs & Nosse (1998) Alexandre & Krebs (1995), as indústrias de produtos químicos inorgânicos em seus processos industriais ocasionam despejos de elementos no ar e na terra. Esses elementos químicos – compostos, gases etc - contêm teores variáveis de sólidos em suspensão, na forma de ácidos, álcalis, sais tóxicos, ou que podem causar problemas ambientais por causa da presença de fluoretos, fosfatos, sulfatos, solventes orgânicos, graxas, óleos, metais e água quente ou vapor (ex: Metal Mecânica de Joinville-SC, Indústrias Têxteis de Brumenau-SC, Indústrias de Calçados do Vale dos Sinos-RS, Indústrias Químicas de Cubatão-SP).

As indústrias, siderúrgica e metalúrgica, têm como objetivo final a produção de peças em aço, metais ligas, em suas múltiplas variedades. Os aços-liga e os metais possuem propriedades especiais, as quais se devem à inclusão de um ou mais elementos, como o manganês, níquel, cromo, molibdênio, vanádio, silício, tungstênio, cobalto etc. (Alexandre & Krebs, 1995).

As fundições são altamente poluidoras. Além dos gases poluidores SO₂, NO₂, CO₃ e outros, lançam na atmosfera quantidades apreciáveis de material particulado (constituídos de óxidos metálicos), CO, SO₂, SO₃, e NO_x (Alexandre & Krebs, 1995).

A indústria petroquímica tem gerado passivos ambientais como os dos bairros da Vila Carioca e Parque da Mooca, na cidade de São Paulo, motivo de audiência pública, atualmente promovida pela Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo. No bairro Recanto dos Pássaros, em Paulínia-SP, encontram-se também poluídos o solo e o subsolo, inclusive as águas subterrâneas, por compostos organoclorados da família dos drins: eldrin, aldrin e dieldrin. Este assunto encontra-se sob investigação do Ministério Público.

As principais fontes de poluição das águas subterrâneas e do subsolo, bem como os parâmetros de controle a elas associadas, encontram-se sintetizados no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais fontes de poluição das águas subterrâneas e parâmetros de controle.

Atividade poluente	PRINCIPAIS PARÂMETROS DE POLUIÇÃO PARA EFLUENTES LÍQUIDOS																			
	pH	Cor	Sol. dissolvidos	Coliformes Fecais	DBO ₅	DQO	O.G.	S ⁻²	CN	Hidrocarbonetos	ABS	Fósforo e Nitrogênio	Outros Poluentes	METAIS						
														Fe	Cu	B	Pb	Zn	Mn	Cr
Beneficiamento de Minério (1)	X	X	X				X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Drenagem de áreas de Lavra (1)	X	X	X				X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X
Metalurgia	X	X	X				X	X	X					X	X		X	X	X	X
Siderurgia	X	X	X				X	X	X	X				X	X		X	X	X	X
Indústria Química	X	X			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lavanderias e Tinturarias	X	X	X	X	X	X					X		X							
Alimentícias		X	X		X	X	X				X	X								
Hospitais e Congêneres				X	X	X	X				X	X								
Postos de Combustível					X		X			X	X									
Aterro Resíduo Urbano	X	X	X	X	X	X		X				X		X	X	X	X	X	X	X
Aterro Resíduo Industrial	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Agroindústrias	X	X	X	X	X	X						X								
Frigoríficos e abatedouros		X	X	X	X	X	X					X								
Oleodutos e gasodutos (2)					X	X	X			X			X							
Esgotos domésticos		X	X	X	X	X	X				X	X	X							

Fonte: Alexandre & Krebs, 1995 – Modificado

(1) Para minérios radioativos deverão ser monitorados, além dos parâmetros clássicos utilizados como indicadores de poluição na mineração, os níveis de radioatividade na área de influência (principalmente em barragens de rejeito de minas de urânio).

(2) Em caso de infiltrações ou rompimento da rede.

6 RESPOSTAS DAS POLÍTICAS PÚBLICAS QUANTO AO USO DO SUBSOLO

6.1 Evolução da relação subsolo x meio ambiente no período de 1972 a 1992

A demanda interna por bens minerais e a necessidade de realizar exportações, implicaram no aumento da produção, o que paralelamente obrigou o poder público a tomar decisões visando minimizar os impactos ambientais decorrentes dessa atividade. Algumas dessas decisões, que já haviam sido incluídas na Constituição, foram complementadas pela obrigatoriedade do licenciamento ambiental, contido na Lei n.º 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, extensivo também às atividades garimpeiras e à exploração de agregados para a construção civil. Essa lei institui ainda o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, encarregado de disciplinar as atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente.

Esse órgão, através de legislação complementar (Resolução n.º 10/1990), reforça a obrigatoriedade de obtenção perante o órgão ambiental, das licenças, prévias, de instalação e de operação, outorgadas em paralelo às concessões minerais fornecidas pelo DNPM.

É introduzida também, como instrumento de gestão ambiental, a obrigatoriedade da avaliação do impacto ambiental de atividades mineiras, tais como a extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão) e extração de minério, através da Resolução do CONAMA n.º 01/1986, que estabelece a necessidade do estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – EIA/RIMA, além do Plano de Controle Ambiental – PCA.

Nesse período, em razão da crise do mercado de trabalho e do elevado preço internacional do ouro, estanho e gemas, ocorreu uma intensa migração interna, principalmente de mão-de-obra desqualificada, ampliando-se consideravelmente a atividade garimpeira em diversos estados brasileiros, particularmente na Amazônia. Esse fato originou, conflitos mineiros e prejuízos expressivos ao meio ambiente, como a poluição por mercúrio nos rios, assoreamento, comprometimento das drenagens, entre outros (Figura 4). Esses garimpos, geralmente ilegais por não respeitarem a legislação mineral e ambiental, foram encorajados direta ou indiretamente, pelo governo, na década de 80.

No propósito de disciplinar essa atividade, o governo brasileiro, através de portarias do MME, regulamentou a criação de Reservas Garimpeiras a partir do ano de 1979, destinando áreas para a garimpagem e buscou ordenar essa atividade, além de procurar implementar medidas mitigadoras e inovações tecnológicas, minimizando o impacto ambiental. Foram criadas reservas garimpeiras em vários estados brasileiros, como no Pará (bacia do Tapajós), em Rondônia (rio Madeira), Mato Grosso (Poxoréu e Alta Floresta), Rio Grande do Norte, Goiás, Roraima e Bahia, mas mesmo assim persistem conflitos e agressões ambientais.

Com a promulgação da Lei 6.938/81, anteriormente referida, a problemática garimpagem entrou no universo da ambiental, obrigando-o a uma adaptação à nova realidade, incorporando a preocupação da preservação do meio ambiente. A legalidade/ilegalidade passou também para a esfera ambiental (Barreto, 2001).

Em nova tentativa de ordenar a atividade e regularizar a produção, o governo federal, através da Lei n.º 7.805/1989, regulamentada pelo Decreto n.º 98.812/90, extinguiu o regime de Matrícula Garimpeira e criou a figura jurídica da Permissão de Lavra Garimpeira, onde se estabeleceu a necessidade de licença ambiental prévia. Entretanto, essa lei não resolveu o conflito garimpeiro, permanecendo o desrespeito à legislação mineral e ambiental.

A concentração da população brasileira em áreas urbanas exerceu forte pressão na demanda de materiais para uso imediato na construção civil (Barbosa & Gurmendi, 1995).

Como consequência, o DNPM estabeleceu a necessidade de elaboração de um Programa, denominado Planos Diretores de Mineração - PDM para as regiões metropolitanas, com o zoneamento das atividades de mineração, visando minimizar os impactos ambientais e reduzir os custos de produção. Em 1979, o DNPM iniciou sua execução em algumas regiões, política essa mantida até a presente data, embora com freqüentes descontinuidades.

A prática de recuperação de áreas degradadas teve seus primeiros trabalhos em meados da década de 70, consistindo fundamentalmente na recomposição paisagística da cobertura vegetal. Embora ainda não amparado em legislação específica, o DNPM, em 1977, realizou política de controle de poluição urbano-rural, executando atividades de recuperação no Quadrilátero Ferrífero (MG), que representa uma área intensamente impactada pela extração de ferro.

Com a entrada em vigor da Constituição de 1988 e ao mesmo tempo, a instituição do Decreto n.º 97.632/89, que dispõe sobre o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD, esses programas de recuperação evoluíram significativamente, principalmente dentro das grandes empresas de mineração, ou então em algumas regiões metropolitanas, alterando-se a visão futura do tema, buscando então, a partir da década de 90 uma abordagem também social. Entretanto, ainda existem áreas degradadas anteriores à vigência do dispositivo institucional, e sua recuperação caberá ao Poder Público.

A descoberta de sítios fossilíferos em algumas regiões do país, notadamente na Chapada do Araripe (Ceará), a depredação subsequente e a comercialização clandestina desse acervo paleontológico, até mesmo para o exterior, conduziu a necessidade de protegê-lo legalmente, o que ocorreu através do Decreto-Lei n.º 4.146/42. Trinta anos depois, houve uma complementação pelo Decreto n.º 72.312/73, proibindo a importação, exportação e transferência de propriedades ilícitas de bens culturais, incluindo acervo de minerais, meteoros e paleontológicos. Infelizmente, essa prática ilegal ainda persiste, apesar da restrição legal. Finalmente, graças ao empenho de pesquisadores de alguns órgãos públicos, conseguiu-se inserir na Constituição, que os sítios paleontológicos fazer parte do patrimônio cultural brasileiro, estabelecendo-se os meios legais para a sua proteção e conservação.

Como instrumento de utilização ampla de gestão ambiental, aplicável igualmente à mineração, é publicada a Lei Federal n.º 7.347/1985, referente à possibilidade de ação civil pública por danos causados ao meio ambiente.

6.2 Evolução da relação subsolo x meio ambiente no período 1992 a 2002

A partir da década de 90, as políticas públicas buscam associar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental dentro dos conceitos de desenvolvimento sustentável, estendendo-os à mineração, através do uso sustentável dos recursos minerais.

O Código de Mineração é o principal instrumento regulador da atividade mineral, tendo sido promulgado através do Decreto-Lei 227/1967. Por estar defasado da nova ordem vigente, foi submetido a uma revisão parcial no período (Lei n.º 9.314/1996), não contendo ainda uma abordagem específica do meio ambiente. Essa falta deverá ser suprida pelo futuro Estatuto da Mineração, em curso no âmbito do Poder Executivo (PRISMA, 2001); regulamentará também a desativação e fechamento de minas e os significativos passivos ambientais do setor mineral.

Em 1994, o DNPM elaborou o Plano Plurianual para o Desenvolvimento do Setor Mineral, com projeção até o ano de 2010, estimando a demanda por bens minerais e os investimentos necessários, onde a questão ambiental é considerada decisiva na imagem pública da mineração.

Merece registro a promulgação da Lei n.º 9.827/99, a chamada Lei das Prefeituras, que regulamenta a extração de agregados para uso exclusivo em obras públicas por órgãos da administração direta e autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, por eles diretamente executados.

A sobreexploração de aquíferos, a contaminação dos recursos hídricos, o comprometimento de drenagens, a disseminação generalizada do aproveitamento das águas subterrâneas, entre outros impactos, amadurecem o sentimento de regulamentação do setor, ocorrida finalmente na instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei n.º 9.433/1997), disciplinando a utilização desses recursos naturais. Por ser concorrente da competência para legislar nesse tema, diversos Estados suplementam esse instrumento, promulgando políticas estaduais de gerenciamento dos recursos hídricos, como no Rio de Janeiro, no Ceará e recentemente em Rondônia.

Como complemento à Resolução n.º 10/1990, o CONAMA estabelece a resolução de n.º 237/1997, ratificando a necessidade de prévio licenciamento do órgão ambiental para atividades mineiras, perfuração de poços e produção de petróleo e gás natural, ampliando então o universo atingido. Da mesma forma, a Lei n.º 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais) em seu artigo 55, dispõe sobre as sanções penais e administrativas quando for executada atividade mineral em desacordo com a legislação, tendo sido posteriormente regulamentada pelo Decreto n.º 3.179/1999 (Art. 42º), em cujo texto são especificadas essas sanções.

A expansão da fronteira agrícola, a migração interna nas décadas de 70 e 80 e a necessidade de reversão no processo de concentração urbana, tornaram indispensável uma política governamental de ocupação dos espaços vazios, principalmente na Amazônia, para proceder aos assentamentos rurais. Entretanto, os recursos naturais como solos, substrato rochoso e relevo foram avaliados de forma superficial, propiciando maus resultados em alguns projetos. Esse fato contribuiu para criação de um passivo ambiental retratado em desmatamento, contaminação de recursos hídricos e processos erosivos intensificados. Um dos fenômenos mais destacados é o voçorocamento, presente em vários estados (ex.: Paraná, Rondônia e no alto rio Paraguai-Mato Grosso do Sul), além da destruição do modelado paisagístico. Presentemente, novas ocupações rurais são efetuadas com maior rigor, buscando evitar erros passados.

Instrumentos de gestão ambiental foram desenvolvidos para a proteção do patrimônio espeleológico, freqüentemente agredido pela atividade mineraria em diversos estados. Esses instrumentos, inicialmente materializados de forma indireta, pela proteção de mananciais hídricos ou da fauna (tombamentos e/ou parques), e posteriormente, em um processo de amadurecimento, com a criação de Áreas de Proteção Ambiental – APAs, para as quais são necessários estudos de zoneamento ecológico-econômico ou Planos de Manejo para uso turístico. A legislação específica é contemplada pela Resolução do CONAMA n.º 5 de 06.08.1987, que aprova o programa nacional de proteção a esse patrimônio; pela Constituição Brasileira de 1988, que reconhece as cavernas como bens da União (Art. 20 – X) e o Decreto n.º 99.556 de 01.10.1990, que estabelece um programa nacional de proteção a essas cavidades naturais subterrâneas. Finalmente, em 1997, é criado pelo IBAMA o Centro de Estudo, Proteção e Manejo de Cavernas - CECAV, incumbido de conduzir a execução dessas políticas públicas.

Além do significativo interesse da indústria turística, associada aos aspectos paisagísticos, essas cavernas representam uma formidável ferramenta de estudo dos primeiros habitantes do Brasil a partir dos registros nelas conservados da evolução de sua ocupação no período quaternário, manifestado pelo conteúdo paleontológico e pelas numerosas inscrições rupestres encontrados nos seus interiores.

Foram intensificadas as participações públicas na questão ambiental, atrelados a fóruns judiciais, através das ações civis pública e popular, além de audiências públicas, onde são

questionados os empreendimentos setoriais, como por exemplo a implantação de gasodutos ou oleodutos. Na Região Norte, o aproveitamento das jazidas de gás da região de Urucu para as cidades de Manaus e Porto Velho, através de gasodutos percorrendo áreas intocadas, está sendo avaliado por meio de audiências públicas.

Em relação à política ambiental voltada para o setor mineral, no ano de 1997, o MMA formulou políticas públicas compatíveis com os princípios do desenvolvimento sustentável, com a apresentação de diversos programas, cujos objetivos são compartilhados com os atores do setor mineral, apontando para o monitoramento, criação de instrumentos econômicos e mecanismos de auto-regulação. Verificou-se também, a necessidade da identificação das principais áreas mineiras impactadas e os respectivos diagnósticos que definam riscos atuais e potenciais (MMA, 1997).

No âmbito dos estados da federação, políticas suplementares vêm sendo introduzidas gradualmente de distintas formas, visando preencher lacunas existentes, inserindo-se nas próprias constituições estaduais, (como no Paraná e em São Paulo), ou elaborando leis específicas, como em Rondônia (Lei n.º 547/1993 – Política Estadual do Meio Ambiente), ou então por códigos temáticos como no Rio Grande do Sul (Lei n.º 11.520/2000), onde estão estabelecidas diretrizes para a proteção e recuperação de áreas degradadas, proteção do patrimônio paleontológico, e exigida licença prévia para atividades de mineração. Deve ser ressaltado que essa ação pública resulta de um amplo envolvimento do governo e da sociedade.

Nos municípios, essa preocupação está refletida na elaboração de códigos de proteção ao meio ambiente, bem como pela criação de conselhos municipais com a mesma finalidade, onde são abordadas questões associadas ao setor mineral.

Destaca-se que a instituição da Política Nacional de Educação Ambiental (Lei n.º 9.795/1999), suplementada no nível estadual, procura disseminar conceitos associados à preservação ambiental para a sociedade como um todo, e que certamente alcançará o setor mineral.

A necessidade de atender ao mercado interno e buscar a auto-suficiência do abastecimento, levou a indústria petrolífera a intensificar a exploração, no interior do país e na plataforma, tanto de hidrocarbonetos como de gás, gerando impactos ambientais cujos efeitos mais sensíveis são os campos abandonados e/ou vazamentos de dutos ou de navios petroleiros. Essa atividade está submetida à aplicação da Política Nacional do Meio Ambiente, da Constituição e mais recentemente da Lei n.º 9.966/2000, que estabelece penas para o lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional. Mecanismos de controle ambiental para a indústria do petróleo foram também estabelecidos pelas Resoluções do CONAMA de n.ºs 265 de 27.01.2000 e 273 de 29.11.2000. Persiste, no entanto, o passivo ambiental dos campos de petróleo abandonados (Recôncavo Baiano).

O contínuo crescimento das áreas urbanas induz a demanda por materiais de uso imediato na construção civil. A lavra desses materiais, por ser uma atividade extremamente dinâmica, aliada a uma fiscalização insuficiente, concentra, em conjunto com as frentes garimpeiras e as pequenas e médias empresas de mineração, o passivo ambiental mais expressivo, que decorre da falta de conhecimento técnico, capacitação financeira e apoio oficial, e em menor intensidade a ausência de conscientização ou de má vontade para adequação à nova realidade ambiental.

A retomada gradual da elaboração dos Planos Diretores de Mineração em Belo Horizonte, Porto Alegre, Brasília, Recife e Curitiba, reiniciados em 2002 pelo DNPM, em conjunto com a SMM/MME e a CPRM, traz um novo alento ao ordenamento da atividade mineira das regiões metropolitanas, além de poder estabelecer parâmetros de referência para cida-

des de porte médio. O Estatuto das Cidades, também vigente a partir do mesmo ano, associa-se nessa busca de um novo paradigma de desenvolvimento da mineração em áreas urbanas. O Estatuto das Cidades, consolidado na Lei nº 10.257/2001, que veio a abordar o quadro de degradação das cidades brasileiras, também se associa nessa busca de um novo paradigma de desenvolvimento da mineração em áreas urbanas.

O Relatório Anual 2000 da CPRM apresenta em seu plano de metas o aerolevante de geofísica de 1,57 milhões de km² na região amazônica, bem como a realização de estudos geológicos e dos recursos minerais na escala 1:250.000 até o ano de 2005. Estas informações possibilitarão a descoberta de novas jazidas minerais, principalmente de ouro, cobre, chumbo, zinco, estanho e diamante.

A indústria carbonífera na Região Sul do país, operando desde o início do século, vem produzindo um passivo ambiental volumoso, principalmente na contaminação dos recursos hídricos. As empresas mineradoras, com ações isoladas e restritas, pouco têm avançado na reabilitação das áreas degradadas. Em Santa Catarina, esse cenário conduziu à criação no ano de 2000, de um Comitê Gestor, sancionado por decreto presidencial de 14/12/2000, visando a recuperação ambiental da bacia carbonífera.

Segundo Barreto (2001), a mineração, por representar uso temporário da terra, por seu caráter espacial restrito, pela facilidade de fiscalização e, principalmente, em razão das tecnologias hoje disponíveis e das normas legais a que está submetida, pelas quais é exigido o controle e a proteção ambiental das áreas mineradas, bem como sua recuperação e devolução à sociedade ao final da vida útil da mina, em condições iguais ou melhores às originalmente existentes, um dos setores com melhores possibilidades de harmonizar-se com a proteção do meio ambiente.

Como resultado da conscientização do empresariado do setor mineral brasileiro, associado à legislação vigente, segundo Meio Ambiente Industrial (2001), pelo menos 13 empresas do setor mineral brasileiro possuem a ISO 14001. E, inúmeros casos (grandes empresas) de programas de reabilitação de áreas mineradas. Segundo Chaves (2000), muito se evoluiu nos programas de recuperação) e que as minas por ele visitadas estão obtendo resultados impressionantes. Descreve, ainda, que 76% das áreas mineradas na Região Metropolitana de São Paulo, foram reabilitadas e tiveram uma ocupação planejada, as demais estão abandonadas ou ocupadas de forma desordenada (*apud* Barreto, 2001).

O empresariado mundial, representado pelo Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD), tem também manifestado preocupação com os destinos da mineração no contexto atual, refletida pelo MMSD - Mining, Minerals and Sustainable Development Project, em elaboração por países com expressão no setor mineral. Como parte do referido projeto foi recentemente finalizado o projeto nacional, denominado Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil, Barreto, (2001), o qual apresenta através de um processo participativo de várias instituições, um diagnóstico do setor mineral e o seu engajamento nas questões ambientais, propõe agendas e desafios para a inserção do setor no Desenvolvimento Sustentável.

Em busca do desenvolvimento sustentável do país, o governo brasileiro instituiu em 1990, através do decreto nº 99.540, o Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico-ZEE do território brasileiro, o qual objetiva elaborar um diagnóstico integrado do meio físico, biótico e socioeconômico e prognósticos para o desenvolvimento, recuperação, preservação ou proteção da região estudada. Após 10 anos apenas 11% do Brasil foi zoneado, entretanto, em dezembro de 2001 foi criado o Consórcio ZEE-BRASIL, constituído pelo MMA, MIN, INPE, EMBRAPA, CPRM, ANA, IBGE, IBAMA e IPEA, para executar o ZEE em escala nacional e apoiar os ZEEs Estaduais e em áreas de interesses específicos (Programa ZEE, 2001).

Na Conferência Anual dos Ministérios de Minas das Américas – CAMMA, onde a atuação brasileira é permanente, através da SMM/MME, são desenvolvidos estudos e estabelecidos princípios e recomendações aos países membros na busca da sustentabilidade da mineração no continente, mediante a abordagem dos seguintes temas: mineração e meio ambiente; pequena mineração; saúde e segurança na mineração; uso seguro de minerais e metais; relações da mineração com a comunidade; acesso aos mercados dos minerais e metais; desativação e fechamento de minas; modernização e fortalecimento das instituições públicas; formação de recursos humanos e integração mineral (www.camma.org).

7 PERSPECTIVAS 2002-2032

1. Apesar da significativa participação dos setores: mineral, petróleo e gás, de 13,9 % no PIB Nacional (Barreto, 2001 e Machado, 2002), os mesmos deixam a desejar quanto às preocupações com o meio ambiente, principalmente no tocante aos passivos ambientais e aos desastres de vazamentos de óleo. Entretanto, as recentes ações do governo e os investimentos das empresas apontam para um maior controle da situação nos próximos anos.
2. Constata-se a insuficiência de informações básicas sobre os recursos minerais e hídricos, paleontológicos e espeleológicos, para se avaliar adequadamente a degradação e proteção ambiental do subsolo, assim como a sua potencialidade em face dos vários tipos de uso. A expectativa da implementação de um programa cooperativo entre as mais destacadas instituições nacionais (Consórcio ZEE Brasil) no levantamento das informações do meio físico biótico e socioeconômico, dentre outras, proporcionará o preenchimento dessa lacuna e ao mesmo tempo disponibilizará um instrumento orientativo para a ocupação ordenada do território brasileiro(cap.6);
3. Com a perspectiva de ampliação do conhecimento básico do subsolo (SSM/MME-2000) o setor mineral brasileiro terá um importante papel no mercado mundial de insumos básicos. As tendências de maior controle ambiental nos processos de extração, transformação, refino e distribuição contribuirão, nas próximas décadas, para o bem-estar da sociedade.
4. O programa de Planos Diretores de Mineração-PDM, que busca o ordenamento do uso do subsolo em regiões metropolitanas, tem se mostrado insuficiente por falta de perenidade na execução. Entretanto, com a recente retoma em 2002 do referido programa (cap.6) e caso tenha continuidade, será um instrumento de grande utilidade para minorar a irregularidade e disciplinar a atuação das micro, pequenas e médias empresas de mineração, bem como contribuir na melhoria da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras;
5. Verifica-se que na etapa de análise de processos para licenciamento ambiental relacionado ao uso do subsolo ocorre de forma morosa e prejudicial ao interessado devido à falta de capacitação técnica (mineração, petróleo, água subterrânea, gestão territorial) dos órgãos responsáveis, tanto em nível federal como estadual e municipal (cap.6). A persistir essa falta de percepção por parte das entidades responsáveis pelo licenciamento ambiental, a situação tenderá a agravar-se.
6. Há necessidade de retomada do cadastramento de poços tubulares, com prioridade para região semi-árida. Esse trabalho permitirá o levantamento de dados para o desenvolvimento de estudos, visando subsidiar tomadas de decisões sobre o uso racional dos recursos hídricos subterrâneos. Caso ações relatadas acima não forem tomadas, associadas à

legislação pertinente, a situação tende a se agravar no semi-árido e nas demais regiões com sobreexploração (cap.5).

7. O reconhecimento de numerosos passivos ambientais deixados pela mineração e por metalurgias, desde a década de 50, necessita de aprofundamento e dimensionamento adequado. Nos últimos anos o poder público vem atuando em Adriánopolis – PR, Santo Amaro da Purificação (BA) e na região carbonífera de Criciúma (SC) no sentido de minimizar os danos ambientais e promover a reabilitação das áreas afetadas. Entretanto, caso o poder executivo não atue firmemente, o problema tende a se alongar por muito tempo.
8. Embora em números menores que os verificados nas décadas de 70 e 80, a garimpagem em reservas indígenas continua presente em alguns estados da região amazônica como Rondônia (Bacia do rio Roosevelt), Amapá, Amazonas e Roraima, onde é realizada por garimpeiros e empresários com anuência da comunidade indígena e, em alguns casos, pelas próprias comunidades (cap.5). O crescimento da população indígena e a sua evolução, absorvendo novos costumes, instituíram demandas que só deverão ser atendidas com a exploração racional de suas terras. Dessa forma, espera-se que após a discussão e o aperfeiçoamento dos mecanismos de controle e proteção dos interesses dessas comunidades, atualmente em curso no poder legislativo federal — se viabilize muito em breve o aproveitamento econômico dos recursos naturais. A melhoria das práticas agrícolas e a exploração dos recursos minerais farão parte de um futuro previsível.
9. Atrativos de natureza geológica como cavernas, sítios paleontológicos, *canyons*, cachoeiras, modelado geológico/geomorfológico, que possuem elevado potencial para o ecoturismo, de grande apelo econômico atual, têm sido objeto de atenção por parte do poder público, através de legislação ambiental apropriada e também pela maior participação da sociedade na sua preservação. Caso as grandes linhas institucionais de ação sejam implementadas, conforme proposta do CECAV, estima-se que nas próximas décadas esses patrimônios atinjam um alto nível de proteção.
10. Algumas empresas nacionais operam com altíssimos padrões tecnológicos com respeito às normas ambientais (ISO 14001), as chamadas tecnologias limpas (cap.6). Acredita-se em razão da orientação do MME, bem como alguns órgãos ambientais e do Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, de incentivar o uso dessas tecnologias, dentro de algum tempo haverá uma expressiva adesão de outras empresas do setor mineral;
11. O Projeto Mineração Minerais e Desenvolvimento Sustentável – MMSD, desenvolvido recentemente no Brasil, sob a coordenação do CETEM (Barreto, 2001), apresenta um diagnóstico e os desafios a enfrentar na busca do desenvolvimento sustentável. O projeto contém orientações para a participação da sociedade civil no planejamento das atividades minerárias e destinação final da área trabalhada. O procedimento, elaborado também em outros países demonstra o interesse dos empresários do setor mineral, em nível mundial, com as questões ambientais. Prevendo-se, em futuro próximo, significativa contribuição do setor para a melhoria das condições de trabalho e do meio ambiente.
12. Através da Conferência Anual dos Ministérios de Minas das Américas – CAMMA, com participação de representação brasileira, avanços significativos são previstos para o setor mineral, em vista do estabelecimento de princípios, ações e recomendações aos países membros na busca da sustentabilidade da mineração no continente americano(cap.6).
13. Encontra-se em curso no âmbito do poder executivo um programa de reestruturação do setor mineral (PRISMA, 2001). O referido programa define novo arcabouço institucio-

nal e legal, que também incorporará questões relacionadas ao meio ambiente, incluindo a desativação e o fechamento de minas e destinação futura de uso dos terrenos afetados, bem como aspectos relacionados a segurança e saúde do trabalhador. Essas ações deverão melhorar sensivelmente a proteção ao subsolo.

14. Finalmente, com base na avaliação efetuada neste trabalho, cabe destacar que os processos de degradação do subsolo brasileiro regrediram lentamente no período 1972-1992 e em maior velocidade no período de 1992-2002. Isto em grande parte devido a implementação da legislação ambiental, da atuação orientativa do governo, ongs, mídia e principalmente pela conscientização da população. As perspectivas futuras são animadoras em relação ao uso sustentável do subsolo brasileiro.

8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALEXANDRE, N.Z.; KREBS, A.S.J. **Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma, SC**. Porto Alegre: CPRM, 1995. 1 v. Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina – PROGESC. (Série Recursos Hídricos, v.6).

_____. **Fontes de Poluição no Município de Criciúma, SC**. Porto Alegre: CPRM. 1995. 1v. Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina – PROGESC. (Série Degradação Ambiental, v.8).

ANJOS, J.A.S. Araújo dos. **Estratégia para remediação de um sítio contaminado por metais pesados**: Estudo de caso. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BARBOZA, F. L. M.; GURMENDI, A. C. **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM, 1995. 280 p., mapas.

BARRETO, Maria Laura. **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. 292 p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Levantamento nacional dos garimpeiros**: Relatório Analítico. Brasília: DNPM, 1993. (Série Tecnologia Mineral, 45).

_____. **Economia Mineral do Brasil**. Brasília, DF: DNPM. 1995. v.8

_____. **Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Fortaleza**. Brasília, DF: DNPM. 1998. v.8

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes ambientais para o setor mineral**. Brasília, DF, 1997. 56p.

_____. **Mineração no Brasil**: previsão de demanda e necessidade de investimentos. Brasília, DF, 2000. 45 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Minas e Metalurgia. **Programa de Reestruturação Institucional do Setor Mineral. Projeto de Lei**, Brasília, DF, 2001. PRISMA.

_____. **Programa para o Desenvolvimento da Produção Mineral: PPA 2000-2003**, Brasília, DF, 2000.

BROOKS, D.B. **Conservation of minerals and of the environment**. World mineral supplies - assessment and perspective. Amsterdam: Elsevier, 1976. p. 287-314.

CABRAL 2000. Movimento das Águas subterrâneas. *In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.: coord. In: Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 2. ed. Fortaleza : CPRM, LABHID-UFPE. 2000. p.30-41.

CAMPOS, D. de A. **Paleontologia**. Resumo elaborado para o Geo Brasil, 2002.

CAVALCANTE, I.N. **Caracterização hidroquímica preliminar da captação de Abreulândia, Fortaleza, CE**. São Paulo: USP, 1996. 24p. Curso de Pós-Graduação Trabalho apresentado no Seminário Geoquímica das águas.

CAVALCANTE, I.N.; SABADIA, J.A.B.. Potencial hídrico subterrâneo: um bem mineral ameaçado pela poluição antrópica. Fortaleza: **Revista Geologia**, n.5, p.115-124, 1992.

CHAVES, A.P. Aspectos do fechamento de minas no Brasil. *In: VILLAS BÔAS, R.C.; BARRETO, M.L. Cierre de Minas: Experiências en Iberoamerica*. Rio de Janeiro: CYTED/IMAAC, 2000.

CUNHA, F.C. *et al.* Lead and associated metals in the Ribeira Valley, states of metals in the impact on public health. *In: INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS*, 31, 2000, Rio de Janeiro, RJ. **Abstracts**. Rio de Janeiro: CPRM/DIMARK, 2000. 1 cd-rom.

DARDENE, M.A., SCHOBENHAUS, C. **Metalogênese do Brasil**. Brasília, DF: Editora da UNB, 2001. 392p.

DELGADO, I. de M., PEDREIRA, A.J. **Síntese da evolução geológica e metalogenética do Brasil**. Salvador: CPRM/SUREG/SA, 1994. Não paginado.

FEITOSA, E.C. **A Exploração do Aquífero Açú na Região de Mossoró: Caracterização da Situação Atual e Perspectivas de Atendimento da Demanda Futura**. Brasília, DF: CPRM, 1996, 44 p. (Série Hidrogeologia: Pesquisa e Desenvolvimento, v.1)

FEITOSA, F.A.C; MANOEL FILHO, J- **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2.ed. Fortaleza: CPRM/LABID-UFPE, 2000. 391p.

FERREIRA, G.E. **Pequena empresa: a base para o desenvolvimento da mineração nacional**. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1996. (Série Estudos e Documentos, 32).

FOSTER, S., HIRATA, R. **Determinação do risco de contaminação de águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes**. São Paulo: Instituto Geológico, 1993. (Boletim n.10)

FRANÇA, H. P. M., CAPUCCI, E. B. **Diagnóstico preliminar das condições de exploração de água subterrânea do aquífero Beberibe, área Olinda-Paulista-Itamaracá.** Recife, CPRM/SUREG/RE; COMPESA, 1978. 1.v.(relatório inédito).

_____. *et al*- 1988 - Análise Preliminar do Comportamento Hidrodinâmico e da Intrusão Marinha no Aquífero Beberibe na Região Metropolitana Norte do Recife. *In*: SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO NORDESTE, 1988, Recife. **Anais** Recife: ABAS, 1988.

IPT. **Curso de Geologia de Engenharia aplicada a problemas ambientais.** São Paulo. 1992V 3. 291p.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. **JICA Interim report for the feasibility study on recuperation of mined-out areas in the South Region of Santa Catarina in the Federative Republic of Brazil.** Japão, 1997.

KREBS, A.S.J., NOSSE, E. de O. **Uso Recomendado do Solo do município de Criciúma.** Porto Alegre: CPRM/SUREG/PA.1998. Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina. (Série Ordenamento territorial, Porto Alegre, v. 30).

_____; ZANINI, L. F. P; ORLANDI, V. **Estudos geológico-geofísicos na área do depósito de lixo da Vila Kröeff, município de Novo Hamburgo, RS.** Porto Alegre: CPRM/SUREG/PA, 1999. 1v. Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina. PROGESC. (Série Degradação Ambiental, v.10).

LABHID-UFPE/IDRC – CANADÁ. **Estudo Hidrogeológico da Região Metropolitana do Recife.** Recife, 1998, Vol. 1 – Texto. Relatório Técnico (relatório inédito).

LIXO MUNICIPAL: **Manual de gerenciamento integrado.** 2 ed. São Paulo: IPT, 2000. 278p.

MACHADO, Iran F. **Recursos minerais - política e sociedade.** São Paulo: Edgard Blucher, 1989. 410p.

MACHADO, G.V. **Estimativa de contribuição do setor petróleo ao produto interno do Brasil.** Brasília, DF: ANP/Superintendência de Estudos Estratégicos, 2002. (relatório interno).

MANOEL FILHO, J. Contaminação das Águas Subterrâneas *In*: Feitosa, Fernando A. C. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. p. 109-132.

MATSCHULLAT, J. *et al*. **Human and environmental contamination in the Iron Quadrangle, Brazil.** Applied Geochemistry, v. 15, p. 181-190, 2000.

MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. **O Brasil atinge a marca das 350 empresas certificadas em conformidade com a ISO 14001.** São Paulo: Tocalino, 2001. jul./ago.

MELLO, J.G. *et al*. Avaliação dos Riscos Potenciais de Contaminação das Águas Subterrâneas na Zona Sul de Natal/RN. *In*: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 9., 1996 Salvador. Salvador: ABAS, 1996, p. 84-87.

PROGRAMA ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO: **Diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Brasília, DF: MMA/SDS, 2001. 110p.

PROUS, A.; FOGAÇA, E.; RIBEIRO, L. Patrimônio Espeleológico. *In*: APA Carste de Lagoa Santa. **Patrimônio Espeleológico, Histórico e Cultural**. Belo Horizonte: CPRM/IBAMA, 1998. 22 p.; anexos e mapas. (Série APA Carste de Lagoa Santa, v. 3).

SILVA, F.L.M. *et al.* Inventário de escorregamentos do estado do Rio de Janeiro. *In*: CPRM-Serviço Geológico do Brasil. **Estudo Geoambiental do Rio de Janeiro**. Brasília, DF, 2000. 1 cd-rom.

SOUZA, P. Á. de. **Impacto econômico da questão ambiental no processo decisório do investimento em mineração**. Brasília: DNPM, 2001. 152p.

TELMER, K. *et al.* Mercury in the Tapajós River Basin: The significance of suspended sediments from alluvial gold mining, Brazilian Amazon. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON HYDROGEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL PROCESS, 1999, Manaus, Brasil. **Anais**. [S.l.]: [s.n.], [1999]



*...Da lua eles viram a grande pérola azul
e souberam que a pérola era viva e que todos
fazem parte dessa vida...*

Tripulantes da APOLO XI